

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
11 DE 3901378 A1

21 Aktenzeichen: P 39 01 378.2  
22 Anmeldetag: 19. 1. 89  
43 Offenlegungstag: 10. 8. 89

51 Int. Cl. 4:

F26 B 21/06

F 26 B 13/10  
D 21 D 3/00  
D 21 F 5/00  
B 05 C 9/12  
B 05 C 21/00

DE 3901378 A1

30 Unionspriorität: 32 33 31  
02.02.88 FI 880459

71 Anmelder:  
Valmet Paper Machinery Inc., Helsinki, FI

74 Vertreter:  
Lorenz, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 7920 Heidenheim

72 Erfinder:  
Lalli, Esko, Raisio, FI

54 Verfahren zur Regelung, Steuerung und/oder Überwachung einer Bahnbeschichtungstrocknung

Verfahren zur Regelung, Steuerung und/oder Überwachung der Beschichtungstrocknung einer Bahn (W). Eine Papierbahn (W) wird durch Streichwerke (30) geführt, in welchen auf die Bahn Streichmasse aufgetragen wird, mit welcher behandelt die Bahn (W<sub>1</sub>) zur Beschichtungstrocknung geführt wird. In dem Verfahren wird ein Computer (110) zur Prozeßsteuerung eingesetzt und ein Prozeßmodell angewendet, das aufgrund von Probeläufen, On-line-Messungen und/oder der Trocknungstheorie des zu steuernden Prozesses erstellt ist. Das Prozeßmodell berechnet wenigstens die Temperaturen der zu streichenden Papierbahn, die Trockengehalte der Streichschicht nach jedem der genannten Trockner sowie die Lage des Erstarrungsbereichs der Beschichtung. Aus einer sog. Rezeptkarte werden sortenspezifische Sollwertparameter der betreffenden Bahnsorte in das Trockenmodell gegeben. In das Simulationsprogramm werden in bestimmten Zeitabständen neue Ausgangswerte eingegeben, als welche die von den verschiedenen Meßgebern (1-25) des Beschichtungstrocknungsprozesses erhaltenen Meßwerte (a-k) der Prozeßparameter verwendet werden. Zur Minimierung der Ungenauigkeiten des Prozeßmodells wird im Verfahren ein adaptierendes Prozeßmodell angewendet, zu welchem Zweck im Prozeßmodell ein oder mehr bestimmte Parameter als Veränderliche gehalten werden, der/die von den neuen Prozeß-Ausgangswerten ausgehend in der richtigen Richtung adaptiert werden, derart, daß das Prozeßmodell als Ergebnis für die ...

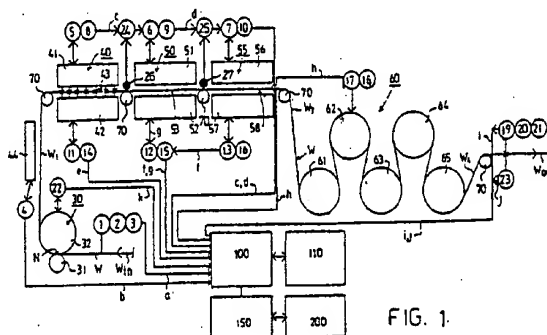


FIG. 1

DE 3901378 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung, Steuerung und/oder Überwachung der Beschichtungstrocknung einer Bahn, wobei in dem Verfahren eine endlose Papier- oder Kartonbahn durch ein oder mehr Streichwerke geführt wird, in welchen auf eine oder beide Seiten der Bahn Streichmasse aufgetragen wird, mit welcher behandelt die Bahn zur Beschichtungstrocknung durch einen oder mehrere Trockner geführt wird, in dem/denen Mehrzylindertrocknung und/oder berührungslose Luftschwebetrocknung und/oder Infrastrahlungstrocknung angewendet wird, und in dem Verfahren ein Computer zur Prozeßsteuerung eingesetzt wird.

Papierbahnen werden in an sich bekannter Weise entweder mit separaten Streichvorrichtungen oder mit der Papiermaschine integrierten On-machine-Vorrichtungen oder Oberflächenleimvorrichtungen beschichtet, die hinter der Trockenpartie der Papiermaschine arbeiten, daß die zu streichende Bahn vom Mehrzylindertrockner in die Streichvorrichtung geführt wird, auf welche ein oder mehr Luftschwebetrockner und/oder Infrastrahlungstrockner und schließlich z.B. eine Trockenzylindergruppe als Nachtrockner folgen. Ein typischer Anwendungsbereich des Verfahrens dieser Erfindung ist die genannte Trockenpartie, die nach der Streichvorrichtung folgt.

Es sind sog. Schwebetrockner bekannt, in denen Papierbahnen, Kartonbahnen oder dergleichen berührungslos getrocknet werden. Schwebetrockner werden z.B. in Papierstreichvorrichtungen hinter dem Walzen- oder Düsenstreichwerk zum berührungslosen Tragen und Trocknen der gestrichenen nassen Bahn eingesetzt. In Schwebetrocknern werden verschiedene Trocknungs- und Tragluftblasdüsen und deren Kombinationen angewendet.

Es sind auch verschiedene Trockner bekannt, die auf Strahlungswirkung, speziell auf Infrarotstrahlungswirkung, beruhen. Beim Einsatz von Infrarotstrahlung besteht der Vorteil darin, daß schnell ein großer Wärmestrom in die Bahn geleitet werden kann, weil die Strahlung eine verhältnismäßig große Eindringtiefe hat, die mit kleiner werdender Strahlungswellenlänge wächst.

Der Beschichtungstrocknungsprozeß ist sehr kompliziert und zu dessen Steuerung und Überwachung ist erforderlich, mehrere verschiedene Prozeßparameter zu kennen. Die Überwachung und Regelung der Trocknung in Streichmaschinen erfolgt in an sich bekannter Weise mit Hilfe folgender Meßdaten: Temperaturen der Trocknungsluft des Schwebetrockners, Kammerdrücke der Trocknungsluft des Schwebetrockners, Feuchtigkeitsgehalt der gestrichenen Bahn nach der Trocknung, Dampfdrücke der Zylinder des als Nachtrockner dienenden Mehrzylindertrockners und el. Stromverbrauch des Infrarottrockners. Die genannten Daten sagen dem Bediener u.a. jedoch noch nichts darüber aus, wie sich die Verdampfung unter den einzelnen Trocknungseinheiten verteilt und wie effektiv diese Einheiten sowohl energiewirtschaftlich als auch qualitativ beim Fahren verschiedener Papiersorten arbeiten.

Bei bekannten Steuerungs- und Überwachungssystemen des Streichvorgangs und der Strichtrocknung von Papierbahnen haben sich u.a. folgende Schwächen gezeigt. Nach einem Bahnriß oder Sortenwechsel war eine verhältnismäßig lange "Einstellzeit" nötig, während der die Bahn in den Ausschluß geht, bevor wieder eine zufriedenstellende Qualität gefahren werden kann. Auch

das Qualität/Produktionskosten-Verhältnis ließ zu wünschen übrig, insbesondere bezüglich der Energiekosten. Die bekannten Systeme erfordern verhältnismäßig viel Überwachung und besonders fachkundiges Überwachungspersonal. Alles in allem haben die bekannten Systeme dem Bedienungspersonal nicht genügend Daten aus dem Streichprozeß geliefert und das Personal beim Suchen von Funktionsstörungen und beim Optimieren der Qualität des Produktionsprozesses und des Papiers nicht genügend unterstützt. Weiter haben die heute betriebenen Systeme z.B. für die Bemühungen, die Papierqualität durch Forschungstätigkeit zu verbessern, nicht genügend Informationen geboten.

Die vorliegende Erfindung hat zur Aufgabe, ein neues Steuerungs- und Überwachungssystem für den Streichprozeß, speziell den Beschichtungstrocknungsprozeß, mit Hilfe von On-line-Simulation zu schaffen. Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Steuerungs- und Überwachungssystem zu schaffen, durch dessen Anwendung bessere Papierqualität und effektivere Trocknung sowohl bezüglich des Energieverbrauchs als auch der Qualität erzielt wird.

Die vorliegende Erfindung soll das in der FI-Patentanmeldung 8 65 199 der Anmelderin beschriebene Steuerungs- und Überwachungsverfahren des Streich-trocknungsprozesses weiter entwickeln, speziell bezüglich dessen Regelungsversion.

Zur Erreichung der im vorstehenden genannten und weiter unten deutlich werdenden Ziele ist für die Erfindung im wesentlichen charakteristisch, daß in dem Verfahren ein Prozeßmodell angewendet wird, das aufgrund von Probelaufen, On-line-Messungen und/oder der Trocknungstheorie des zu steuernden Prozesses oder dessen Äquivalents erstellt ist, daß aufgrund des genannten Prozeßmodells wenigstens die Feuchtigkeit, Temperatur und/oder der Trockengehalt der Streichbeschichtung der zu streichenden Papierbahn nach jedem der genannten Trockner berechnet werden,

daß aus einer sog. Sorten- und Rezeptkarte sortenspezifische Sollwertparameter, die der zu fahrenden Bahnorte entsprechen, in das Trocknungsmodell gegeben werden,

daß in bestimmten Zeitabständen in das Simulationsprogramm neue Ausgangswerte eingegeben werden, als welche die von den verschiedenen Meßgebern des Beschichtungstrocknungsprozesses erhaltenen Meßwerte der Prozeßparameter und möglicherweise im Labor analysierte Bahn- und Beschichtungsproben verwendet werden,

daß zur Minimierung der Ungenauigkeiten des Prozeßmodells in dem Verfahren ein adaptierendes Prozeßmodell angewendet wird, zu welchem Zweck im Prozeßmodell ein oder mehr bestimmte Parameter als Veränderliche gehalten werden, die von den neuen Prozeß-Ausgangswerten ausgehend in der richtigen Richtung adaptiert werden derart, daß das Prozeßmodell als Ergebnis für die gemessenen Parameter Werte gibt, die den Meßergebnissen entsprechen, und

daß als letztgenannte Parameter die Feuchtigkeit Temperatur und/oder der Trockengehalt der Streichschicht gemessen werden.

Das in der Erfindung angewendete adaptierte und mit Hilfe von Simulationstechnik geschaffene Prozeßmodell beruht auf Messungen, Probelaufen und der Trocknungstheorie. Zweckmäßig berechnet das in der Erfindung anzuwendende Simulationsprogramm aus den Ausgangsdaten die Verdampfung aus der gestrichenen

Bahn, die Feuchtigkeit und Temperatur der Bahn, sowie den Trockengehalt der Streichschicht nach jeder Trocknungseinheit, die Lage und Temperatur des Erstarrungsbereichs sowie den Energieverbrauch der einzelnen Trocknungseinheiten.

Das in der Erfindung genutzte Simulationsprogramm enthält ein oder mehr offene Parameter, zweckmäßig Wärme- und Stoffübertragungskoeffizient zwischen der zu trocknenden Bahn und der Umgebungsluft unter Berücksichtigung der Feuchtigkeitsleitfähigkeitseigenschaften von Bahn und Beschichtung. Genannter oder genannte Parameter werden überschlagsweise aus dem Prozeß bestimmt derart, daß der gemessene und der simulierte Feuchtigkeitswert und/oder andere Werte der Bahn einander gegenseitig entsprechen.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann sowohl zur Regelung als auch zur Optimierung des Prozesses angewendet werden.

Weil im Streichtrocknungsprozeß im allgemeinen bis zu drei verschiedene Heizenergien verwendet werden, nämlich Dampf in den Trockenzylindern, el. Strom im Infratrockner und Erdgas im Schwebetrockner, und deren Preisverhältnisse variieren, ist erforderlich, die Verhältnisse der einzelnen Energieformen zu optimieren, um ein möglichst günstiges Qualität-Trocknungsenergieverbrauch-Verhältnis zu erzielen. Auch diese Optimierung kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren realisiert werden, beispielsweise indem der Prozeß unter Betonung der einzelnen Trocknungsformen geführt wird, wobei die einzelnen Energieverbräuche, die das System für die verschiedenen Fahrweisen angibt, unter Berücksichtigung der Qualitätseigenschaften der Bahn miteinander verglichen werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren dient auch als indirektes Meßsystem, mit dem sogar in großer Menge sortenspezifische Meßparameter und simulierte Werte gesammelt und in den Speicher des Computers eingespeichert werden können und diese Daten für die Weiterentwicklung des Streichprozesses und zur weiteren Präzisierung des in der Erfindung anzuwendenden Prozeßmodells und Simulationsprogramms genutzt werden können. Dabei kann in der Erfindung von einem sehr grob gefaßten Prozeßmodell ausgegangen werden, das mit der Zeit präzisiert und gerade dem zu steuernden Streichprozeß und den variierenden Betriebsverhältnissen entsprechend weiterentwickelt werden kann. Zur genannten Entwicklungstätigkeit gehören in Labortests gesammelte Qualitätsdaten, die mit den aus den Fahrparametern und Simulationsergebnissen gesammelten Daten zusammen zur Erstellung der Sortenkarten der verschiedenen zu streichenden Sorten benutzt werden, welche Sortenkarten im Regelungsverfahren der Erfindung als sortenspezifische Sollwertparameterserien verwendet werden.

In dem erfindungsgemäßen System hat der Bediener die Möglichkeit, die Sortenkarte zu datieren, wobei die Werte der Fahrsituation im Speicher des Computers als Richtwerte eingespeichert werden. Auf diese Weise können für jede Sorte die optimalen Fahrzustände bezüglich der Qualität und/oder des Energieverbrauchs gesammelt werden.

Das erfindungsgemäße System kann zur Regelung und/oder Steuerung der einzelnen Parameter der Beschichtungstrocknung einer Bahn wie folgt benutzt werden:

Endfeuchtigkeit der Beschichtung/des Papiers;

– das Prozeßmodell errechnet Richtwerte für die

einzelnen Trockner des Prozesses, mit denen die gewünschte Endfeuchtigkeit erzielt wird oder – die Fahrwerte des Trockners werden derart geändert, daß das Verdampfungsprofil in Maschinenrichtung dem im Speicher des Computers eingespeicherten optimalen Fahrzustand entspricht.

Erstarrungsbereich der Beschichtung;

– es wurde festgestellt, daß die Trocknung bei einem Trockengehalt der Streichschicht im sog. kritischen Bereich (ca. 75–80%) zumindest bei bestimmten Pastensorten vorsichtig erfolgen muß. Mit dem erfindungsgemäßen System läßt sich der Erstarrungsbereich der Streichpaste an eine gewünschte oder eine in der Sortenkarte gespeicherte, dem optimalen Fahrzustand entsprechende Stelle steuern/regeln.

– im Labor kann für jeden Pastentyp der Immobilisationspunkt bzw. Trockengehalt bestimmt werden, bei dem die Viskosität der Paste ins Unendliche wächst. Wenn der Trockengehalt im erfindungsgemäßen System den entsprechenden Wert des Immobilisationspunktes erreicht, erscheint auf dem Computerbildschirm die Erstarrungspunktmarke am entsprechenden Platz des Trocknungsprozeßbildes.

Mit dem erfindungsgemäßen System können vorteilhaft einige Regulationsmaßnahmen verbunden werden, wie z.B. die Feuchtigkeitsregelung der Abluft der Schwebetrockner. Die Abluftmenge des Trocknungsprozesses wird im allgemeinen konstant gehalten und sie ist derart bemessen, daß sie die den maximalen Verdampfungswerten entsprechende Feuchtigkeit abführt.

Mit der Hauptversion der Erfindung lassen sich bedeutende Energieeinsparungen erzielen, wenn die Abluftfeuchtigkeit bei variierenden Fahrzuständen durch Regelung der Abluft- und Ersatzluftmengen mit dem erfindungsgemäßen Regelungssystem im wesentlichen konstant gehalten wird. Auch die Bahntemperatur kann vor dem Streichwerk geregelt werden. Bei bestimmten Pastentypen darf die Bahn beim Auftreffen der Streichmasse nicht zu heiß sein.

Im folgenden wird die Erfindung unter Hinweis auf einige in den Abbildungen der beigefügten Zeichnung schematisch dargestellte Ausführungsbeispiele, auf deren Einzelheiten die Erfindung jedoch nicht beschränkt ist, ausführlich beschrieben.

Fig. 1 zeigt schematisch und zum Teil als Blockschema die Erfindung im ganzen, d.h. ein erfindungsgemäßes Steuerungs- und Überwachungssystem und den mit diesem zu steuernden und zu überwachenden Streichprozeß.

Fig. 2 zeigt das Funktionsprinzip des erfindungsgemäßen Systems als Ablaufdiagramm.

Fig. 3 zeigt ein Beispiel eines Computerüberwachungsbildes des erfindungsgemäßen Systems.

Fig. 4 zeigt grafisch die Korrekturkonstante des in der Erfindung verwendeten offenen Parameters als Funktion der Zeit.

In Fig. 1 ist ein Beispiel eines mit dem erfindungsgemäßen Verfahren überwachten und gesteuerten Prozesses gezeigt, das im folgenden beschrieben wird. Die zu beschichtende Papierbahn  $W_{in}$  kommt in das Streichwerk 30, das aus übereinanderliegenden Streichwalzen 31 und 32 besteht. Die Streichwalzen 31 und 32 bilden zwischen sich einen Streichspalt  $N$ , in dem das ein- oder

beidseitig an die Walzen oder die Bahn gespeiste Streichmittel, wie z.B. Leim oder Paste, an die Bahn  $W$  gepreßt wird. Nach dem Streichspalt  $N$  ist die Bahn  $W$  vom Streichmittel befeuchtet und sie wird in vertikalem Zug  $W_1$  zur Beschichtungstrocknung überführt.

Die Beschichtungstrocknereinheit besteht in Lauf- richtung der Bahn  $W$  aus einem ersten Infratrockner 44, in dem ein- oder beidseitig Infrastrahlung  $R$  auf die Bahn  $W_1$  gerichtet wird.

Nach der Infraeinheit 44 wird die Bahn  $W_2$  in drei aufeinander folgende Schwebetrocknereinheiten 40, 50 und 55 geführt. Die Schwebetrocknereinheiten 40, 50 und 55 bestehen aus oberseitigen Gehäuseteilen 41, 51 und 56 und unterseitigen Gehäuseteilen 42, 52 und 57, die untereinander Behandlungszwischenräume 43, 53 und 58 eingrenzen, in denen die Bahn  $W$  in an sich bekannter Weise mit heißen Luftstrahlen, zweckmäßig beidseitig, berührungslos getrocknet und getragen wird. Nach der letzten Schwebetrocknereinheit 55 wird die Bahn  $W_3$  in teilweise getrocknetem Zustand in eine Nachtrocknungseinheit 60 überführt, die aus Trockenzy- lindern 61, 62, 63, 64 und 65 gebildet wird. Die vollstän- dig getrocknete Bahn  $W_4$  wird danach als Zug  $W_{out}$  z.B. zum Aufroller oder dergleichen geführt.

Der Streich- und Trocknungsprozeß ist im vorstehen- den sehr schematisch dargestellt. Ein genaueres Beispiel des Prozesses, an dem das erfindungsgemäße Steue- rungs- und Überwachungssystem verwendet werden kann, ist in der FI-Anmeldung Nr. 862427 (eingereicht am 6.6.1986) gezeigt. In genannter Anmeldung sind so- wohl ein kombinierter Infrarot-Schwebetrockner als auch die Konstruktionen und die Funktion des Schwebetrockners genauer beschrieben.

In Fig. 1 ist das erfindungsgemäße Überwachungssy- stem schematisch als Einheit 100 dargestellt, die mit dem Prozeßcomputer 110 zusammenarbeitet. Weil das erfin- dungsgemäße System in der im vorstehenden beschrie- benen Weise auch zur Regelung einsetzbar ist, ist in Fig. 1 schematisch eine Regelungseinheit 150 gezeigt, die den Prozeß steuert, der in Abbildung 1 außerdem schematisch als Block 200 dargestellt ist.

In dem erfindungsgemäßen Verfahren werden beim Streichen und bei der Beschichtungstrocknung eine gro- ße Anzahl verschiedener Prozeßparametermessungen durchgeführt, die in Fig. 1 durch eingekreiste Bezugs- nummern 1 – 25 gekennzeichnet sind. Es folgt eine Liste der einzelnen, die Messungen bezeichnenden Bezugs- nummern 1 – 25.

- 1, 19 Flächengewicht ( $g/m^2$ ) der Bahn
- 2, 20 Feuchtigkeitsgehalt (%) der Bahn
- 3, 21 Temperatur ( $^{\circ}C$ ) der Bahn
- 4 el. Speiseleistung ( $kW$ ) des Infratrockners
- 5, 6, 7 Temperatur ( $^{\circ}C$ ) der Blasluft
- 8, 9, 10 Druck (Pa) im Obergehäuse
- 11, 12, 13 Heizleistung (dampfbeheizter Schwebetrock- ner: bar oder gasbeheizter Schwebetrockner:  $kg/h$ )
- 14, 15, 16 Druck (Pa) im Untergehäuse
- 17 Dampfdruck (bar) der Zylinder
- 18 Dampfmenge ( $l/h$ ) zu den Zylindern
- 22 Temperatur ( $^{\circ}C$ ) der Beschichtung
- 23 Maschinengeschwindigkeit ( $m/min$ )
- 24 Feuchtigkeits-, Temperatur und Trockengehalt der Streichschicht der Bahn nach dem ersten Trockner 40
- 25 Feuchtigkeits-, Temperatur und Trockengehalt der Streichschicht der Bahn nach dem zweiten Trockner 50

Wie im vorstehenden gesagt, wird vor dem Streich- werk und dessen Steichpressenspalt  $N$  das Flächenge- wicht der Bahn  $W$  (Messung 1), der Feuchtigkeitsgehalt (Messung 2) der Bahn und die Temperatur (Messung 3) der Bahn  $W$  gemessen, und die auf diese Weise erzeug- ten Meßsignale werden über den Anschluß  $a$  in die Zen- traleinheit 100 geleitet. Am Streichwerk wird z. B. die Temperatur der zu streichenden Streichmasse gemes- sen und das Meßsignal wird über den Anschluß  $k$  zur Zentraleinheit 100 übertragen. An den Schwebetrock- nereinheiten 40, 50, 55 werden die Temperaturen der in die oberseitigen Einheiten 41, 51 und 56 zu speisenden Blasluftströme als Messungen 8, 9 und 10 gemessen und die Meßergebnisse werden über die Anschlüsse  $c$  und  $d$  zur Zentraleinheit 100 geleitet. An der Infraeinheit 44 wird die el. Stromleistungsmessung 4 durchgeführt, wel- ches Meßergebnis über den Anschluß  $b$  zur Zentralein- heit 100 geleitet wird. Auf gleiche Weise werden die Heizleistungsmessung 11 der ersten Schwebereinheit 40, die Heizleistungsmessung 12 der zweiten Schweberein- heit 50 und die Heizleistungsmessung 13 der dritten Schwebereinheit 55 sowie die Druckmessungen 14, 15 und 16 der Untergehäuse 42, 52 und 57 durchgeführt und die genannten Meßergebnisse werden über die An- schlüsse  $e$ ,  $f$  und  $g$  zur Zentraleinheit 100 geleitet. An der Zylindergruppe 60 wird die Dampfdruckmessung 17 und Dampfmenge messung 18 der Zylinder 61–65 durchgeführt, welche Meßergebnisse über den An- schluß  $h$  zur Zentraleinheit 100 geleitet werden. Außer- dem werden die Flächengewichtsmessung 19 der Bahn  $W$ , die Feuchtigkeitsgehaltsmessung 20 der Bahn und die Bahntemperaturmessung 21 sowie die Geschwindig- keitsmessung 23 der Bahn  $W$  hinter dem Nachtrockner 60 an der getrockneten Bahn  $W_{out}$  durchgeführt, deren Meßergebnisse über die Anschlüsse  $i$  und  $j$  zur Zentral- einheit 100 geleitet werden.

Nach Fig. 1 wird zwischen der ersten und zweiten Trockeneinheit 40 und 50 die Meßgeberanordnung 26, Feuchtigkeit, Temperatur und der Trockengehalt der Streichschicht der Bahn  $W$ , gemessen und die so erhalte- nen Meßdaten werden zu einem Meßumformer 24 ge- führt, der eine Meßsignalserie weitergibt, die über die Anschlüsse  $c$ ,  $d$  in die Zentraleinheit 100 des Meß- und Regelungssystems geleitet wird. Dementsprechend be- findet sich im System zwischen der zweiten Trockenein- heit 50 und der dritten Trockeneinheit 55 an der Bahn  $W$  eine Meßgeberanordnung 27, von der eine erhältliche Meßsignalserie zu einem Meßumformer 25 geführt wird, der eine Meßsignalserie weitergibt, die ebenfalls über die Anschlüsse  $c$ ,  $d$  in die Zentraleinheit 100 gelei- tet wird. Von der Zentraleinheit 100 ist eine Reihe Rege- lungssignale erhältlich, mit der die Trockeneinheiten 40, 50 und 55 derart gesteuert werden, daß zwischen diesen die im voraus eingestellten und vom Regelungs- und Steuerungssystem des erfindungsgemäßen Verfahrens auf weiter unten beschriebene Weise optimierten und adaptierten Werte der Feuchtigkeit, Temperatur und/ oder des Trockengehalts der Streichschicht der zu strei- chenden Papierbahn  $W$  beherrscht werden können.

Zu den Meßgeberanordnungen 26 und 27 gehören über der Bahn  $W$  quer zu dieser verlaufende Meßbal- ken, in denen ein Meßgeber für die Feuchtigkeit und ein Meßgeber für den Trockengehalt der Beschichtung der Bahn  $W$  und möglicherweise auch ein Temperaturrege- ber angebracht sind.

Das erfindungsgemäße System umfaßt vorteilhaft auch die Messung der Feuchtigkeit, Temperatur und/ oder des Trockengehalts der Bahn. Zur Präzisierung

des Prozeßmodells können an das System eine oder mehrere der genannten Messungen an geeigneten Stellen angeschlossen werden, wie z.B. eine Trockengehaltsmessung zweckmäßig für den angenommenen Erstarrungsbereich. Die erfindungsgemäße Simulation nutzt genannte Messungen zum Adaptieren. Außerdem ist vorteilhaft, an das System eine Dichtemessung der Streichpaste anzuschließen. Die Online-Messung des Trockengehalts der Paste ist noch ungenau, aber die Dichtemessung ist genauer. Durch laborante Bestimmung des Trockengehaltes der Paste als Funktion der Dichte kann das System die vorherige Größe aus dem letzteren Meßergebnis errechnen. In dem System kann die Feuchtigkeit der Abluft des Schwebetrockners gemessen werden. Wenn mit dem System die Feuchtigkeit der Abluft des Schwebetrockners auf vorstehend beschriebene Weise geregelt wird, kann diese Größe mit einer an sich bekannten Vorrichtung gemessen werden.

Im folgenden werden zunächst unter Hinweis auf Fig. 1 und 2 die einzelnen Phasen und die wesentlichen Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben.

In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein weiter unten genauer beschriebenes Prozeßmodell angewendet, das aufgrund der im vorstehenden unter Hinweis auf Fig. 1 beschriebenen Messungen 1-25, von Probe-läufen des zu steuernden Prozesses 200 oder dessen Äquivalents und der Trocknungstheorie erstellt worden ist. Aufgrund des genannten Prozesses wird ein weiter unten genauer beschriebenes Computersimulationsprogramm erstellt, das programmiert ist, wenigstens die Verdampfungsleistungen der einzelnen Trocknungseinheiten 44, 40, 50, 55 und 60 und die Feuchtigkeit, Temperatur und den Trockengehalt der Streichschicht der zu streichenden Papierbahn  $W$  nach jeder Trockeneinheit 44, 40, 50, 55 und 60 sowie auch die Lage des Erstarrungsbereiches der Streichmasse zu errechnen. In genanntes Simulationsprogramm werden aus der weiter unten genauer beschriebenen Sortenkarte die sortenbezogenen Werte der zu fahrenden Bahnsorte eingegeben, die die Sollwertparameterserie des erfindungsgemäßen Steuerungsverfahrens bilden. In das Simulationsprogramm werden in bestimmten Zeitintervallen automatisch neue Ausgangswerte eingegeben, als welche die von den einzelnen Meßgebern 1-25 des Prozesses erhaltenen Meßwerte der Prozeßparameter des Prozesses und außerdem im Labor analysierte Bahn- und Streichmassenproben dienen. Erfindungsgemäß werden die Ungenauigkeiten des genannten Prozeßmodells unter Anwendung eines adaptierenden Prozeßmodells minimiert, in dem ein oder mehr bestimmte Parameter als Veränderliche gelassen sind und/oder die von den neuen Ausgangswerten des Prozesses 200 ausgehend in der richtigen Richtung adaptiert werden derart, daß das Prozeßmodell als Ergebnis für die gemessenen Parameter Werte gibt, die den Meßergebnissen entsprechen. Als genannter offener Prozeßparameter wird zweckmäßig der Wärme- und Stoffübertragungskoeffizient zwischen der zu trocknenden Bahn und der Umgebungsluft verwendet.

Der allgemeine Aufbau des erfindungsgemäßen Verfahrens geht aus Fig. 2 hervor.

Im folgenden wird der Anschluß des Prozeßcomputers 110 an den Prozeß beschrieben.

Der Prozeßcomputer 110 kommuniziert mit dem Prozeß über die I/O-Programme der SIP-Station (SIPS = Serial Interface Process Station). Basisprogramme betreiben das Betriebssystem der SIPS, während die An-

wendungsprogramme die Datenübertragung vom Prozeß zum Prozeßcomputer 110 übernehmen.

Das Betriebssystem des Prozeßcomputers wird im folgenden genauer beschrieben. Es enthält außerdem Programme zum Empfang und zur Bearbeitung der von der SIP-Station kommenden Daten, zur Realisierung der grafischen Bildschirmdarstellung (Fig. 3), für Trendanzeigen (Fig. 4), zum Speichern sowie zur Simulation der Daten.

Im folgenden wird ein Beispiel für das in der Erfindung anzuwendende Betriebssystem beschrieben.

Der im Leitwartenraum untergebrachte Computer 110 ist mit einem menüartigen Betriebssystem versehen, bei dem sich der Bediener aus der Menüauswahl die gewünschten Funktionen auswählen kann. Das Hauptmenü kann aus folgender Liste bestehen:

1. Überwachen
2. Sorte wählen
3. Fahrparameter ändern
4. Sortenkarte datieren

Vom Hauptmenü wird auf die einzelnen Untermenüs übergegangen, aus denen Zusatzfunktionen für jede Hauptgruppe wählbar sind. Z.B. wird durch die Wahl "Überwachen" auf dem Bildschirm folgendes Untermenü eingeblendet:

- 1.1 Überwachungsbilder der Stationen
- 1.2 Zielbilder der Stationen
- 1.3 Fahrschemata der Stationen
- 1.4 Fahrschema der Maschine
- 1.5 Trendanzeigen
- 1.6 Balkendiagramme

Zu den Fahrparametern sei festgestellt, daß das Anwenderprogramm derart aufgebaut ist, daß bestimmte feststehende Fahrparameter über das Betriebssystem geändert werden können. Solche Parameter sind:

- Trockengehalt der Paste
- Anzahl der betriebenen Zylinder
- Trockengehalt der immobilen Paste bzw. sog. Erstarrungspunkt

Im folgenden werden die Monitorbilder beschrieben. Hauptbild für jedes Streichwerk im Überwachungssystem ist das in Fig. 3 gezeigte Überwachungsbild, aus dem die für die Trocknung wichtigen Daten ersichtlich sind.

Außerdem können verschiedene Trendbilder wiedergegeben werden. Z.B. gibt der im Simulationsprogramm enthaltene offene Parameter als Funktion der Zeit dem Bediener Informationen aus erster Hand über eine mögliche Störung oder einen Fehler im Prozeß: wenn sich im Parameterwert eine plötzliche Niveauänderung einstellt, zeigt das eine Veränderung im Prozeß an. Fig. 4 zeigt ein Beispiel für diesen Bildtyp, wobei als offener Parameter der genannte Wärme- und Stoffübertragungskoeffizient zwischen Trocknungsluft, zu trocknender Bahn und deren Umgebungsluft dient.

Außer dem offenen Parameter ist vorteilhaft, z.B. Trendbilder von folgenden Größen anzuzeigen:

- Temperatur der Blasluft der Schwebetrockner
- Gesamtenergieverbrauch
- Gesamtverdampfung
- Gesamtgas-/dampfmenge

Im folgenden werden die Unterbrechungen und Alar-  
me des Systems beschrieben. Die Meldung über den  
Beginn einer Unterbrechung ist als Binärinformation  
über die SIPS-Einheit erhältlich. Wenn die Unterbre-  
chungsinformation eintrifft, stoppen die Simulations-  
programme, womit u.a. auf den Überwachungsbildern  
der Zustand vor der Unterbrechung verbleibt. Mit Hilfe  
dieser Information kann der Prozeß schnell wieder auf  
seinen vorherigen Status gefahren werden. Nach Ein-  
gang der Information über das Ende der Unterbrechung  
startet das System seine Funktion automatisch.

Mit dem erfindungsgemäßen System läßt sich klären,  
wie sich die Verdampfung unter den Trocknungseinhei-  
ten verteilt. Die erhaltenen Verdampfungswerte glei-  
chen sich an die manuell genommenen Feuchtigkeits-  
proben an.

Mit dem erfindungsgemäßen System kann die gleiche  
Verdampfung für bestimmte Sorten in verschiedenen  
Fahrabschnitten wiederholt werden. Mit dem erfin-  
dungsgemäßen System sind für das Bestreben, die  
Trocknung zu optimieren, zusätzliche Daten über Qua-  
lität, Leistung und/oder Energieverbrauch erhältlich.  
Die Zusatzinformationen sind erhältlich dadurch, daß  
die optimalen Fahrzustände im Speicher der Anlage un-  
ter verschiedenen Verdampfungsbedingungen datiert  
werden. Gleichzeitig werden Qualitätsdaten durch La-  
bortests sowie Messungen an der Streichmaschine ge-  
sammelt. Aufgrund dieser Daten läßt sich ein Qualitäts-  
kartensystem erstellen, das Auskunft darüber gibt, wie  
die einzelnen Papiersorten getrocknet werden müssen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung, Steuerung und/oder  
Überwachung der Beschichtungstrocknung einer  
Bahn (W), wobei in dem Verfahren eine endlose  
Papier- oder Kartonbahn (W) durch ein oder mehr  
Streichwerke (30) geführt wird, in welchen auf eine  
oder beide Seiten der Bahn Streichmasse aufgetra-  
gen wird, mit welcher behandelt die Bahn (W<sub>i</sub>) zur  
Beschichtungstrocknung durch einen oder mehrere  
Trockner (44, 40, 55, 60) geführt wird, in dem/denen  
Mehrzylindertrocknung (60) und/oder berührungs-  
lose Luftschwebetrocknung (40, 50, 55) und/oder  
Infrastrahlungstrocknung (44) angewendet wird,  
und in dem Verfahren ein Computer (110) zur Pro-  
zeßsteuerung eingesetzt wird, dadurch gekenn-  
zeichnet,  
daß in dem Verfahren ein Prozeßmodell angewen-  
det wird, das aufgrund von Probeläufen, On-line-  
Messungen und/oder der Trocknungstheorie des  
zu steuernden Prozesses oder dessen Äquivalents  
erstellt ist,  
daß aufgrund des genannten Prozeßmodells wenig-  
stens die Feuchtigkeit, Temperatur der zu strei-  
chenden Papierbahn und/oder der Trockengehalt  
der Streichschicht nach jedem der genannten  
Trockner berechnet werden,  
daß aus einer sog. Sorten- und Rezeptkarte sorten-  
spezifische Sollwertparameter, die der zu fahren-  
den Bahnsorte entsprechen, in das Trockenmodell  
gegeben werden,  
daß in bestimmten Zeitabständen in das Simula-  
tionsprogramm neue Ausgangswerte eingegeben  
werden, als welche die von den verschiedenen  
Meßgebern (1 - 25) des Beschichtungstrocknungs-  
prozesses erhaltenen Meßwerte (a - k) der Prozeß-  
parameter und möglicherweise im Labor analysier-

te Bahn- und Beschichtungsproben verwendet wer-  
den,

daß zur Minimierung der Ungenauigkeiten des  
Prozeßmodells in dem Verfahren ein adaptierendes  
Prozeßmodell angewendet wird, zu welchem  
Zweck im Prozeßmodell ein oder mehr bestimmte  
Parameter als Veränderliche gehalten werden, die  
von den neuen Prozeß-Ausgangswerten ausgehend  
in der richtigen Richtung adaptiert werden derart,  
daß das Prozeßmodell als Ergebnis für die gemes-  
senen Parameter Werte gibt, die den Meßergebnis-  
sen entsprechen, und

daß als letztgenannte Parameter die Feuchtigkeit,  
Temperatur der Bahn und/oder der Trockengehalt  
der Streichschicht gemessen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß aufgrund des genannten Prozeßmo-  
dells zusätzlich die Verdampfungsleistungen der  
einzelnen Trocknungseinheiten und/oder die Trok-  
kengehalte und Temperaturen der zu streichenden  
Papierbahn nach jedem der genannten Trockner  
berechnet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß das Verfahren zur Überwachung  
des Beschichtungstrocknungsprozesses angewen-  
det wird und daß für den Bediener mit dem Über-  
wachungssystem simulierte Werte für die Ver-  
dampfung, Feuchtigkeiten, Temperaturen und  
Trockengehalte der Papierbahn und/oder entspre-  
chende aus dem Prozeß gemessene direkte Meß-  
werte und/oder die Lage des Erstarrungsbereiches  
der Streichpaste angezeigt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß mit dem nach dem erfindungsgemä-  
ßen Verfahren arbeitenden Überwachungssystem  
im Computerspeicher für den Beschichtungstrock-  
nungsprozeß wichtige Fahrparameter gesammelt  
werden, die im Steuerungs- und Überwachungssy-  
stem des Trocknungsprozesses genutzt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß das Verfahren zur Optimierung  
der Beschichtungstrocknung bezüglich der Qualität  
der zu streichenden Bahn, Trocknungsleistung oder  
des Energieverbrauchs zwischen den einzelnen  
Trocknungseinheiten angewendet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß als offen gelassene Prozeßpara-  
meterveränderliche der Wärme- und Stoffübertra-  
gungskoeffizient zwischen der zu trocknenden  
Bahn und der Umgebungsluft verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß das Verfahren zur Steuerung des  
Beschichtungstrocknungsprozesses verwendet  
wird derart, daß mit dem Verfahren optimale Soll-  
werte für die Temperatur und Geschwindigkeit der  
Blasluft des Schwebetrockners und/oder die elek-  
trische Leistung des einzusetzenden Infratrockners  
und/oder den Dampfdruck der dampfbeheizten  
Trockenzylinder geregelt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß mit dem Verfahren im Compu-  
terspeicher der Anlage fahrparametrische Daten  
und Daten über simulierte Werte für verschiedene  
Verdampfungsbedingungen gesammelt werden,  
und daß gleichzeitig in Labortests sowie an der  
Streichmaschine durchzuführenden Messungen  
Qualitätsdaten gesammelt werden, und daß auf-  
grund der im vorstehenden genannten Daten Sor-

tenkarten für die verschiedenen zu streichenden Qualitäten aufgestellt werden, die in dem Verfahren als sortenspezifische Sollwertparameterserien genutzt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Verfahren der Prozeß gesteuert wird, wobei auf dessen verschiedene Trocknungsenergieformen Gewicht gelegt wird, wie z.B. die Anteile des in die Trockenzylinder einzuspeisenden Dampfes, des in die Infratrockner einzuspeisenden el. Stroms und des die Schwebetrocknerluft heizenden Erdgases, und daß mit dem Verfahren die bei verschiedenen Fahrweisen entstehenden Energiekosten untereinander verglichen werden, wobei die Qualitätseigenschaften der Bahn berücksichtigt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren bei Unterbrechungen des Beschichtungstrocknungsprozesses angewendet wird derart, daß, wenn das System eine Unterbrechungsinformation erhält, das Simulationsprogrammpaket anhält, wobei der der Unterbrechung vorangegangene Prozeßstatus eingespeichert wird, und daß der Prozeß mit Hilfe der genannten Statusinformation im wesentlichen auf seinen vorherigen Status gefahren wird zweckmäßig derart, daß nach Erhalt der Information über das Ende der Unterbrechung das System automatisch seine Funktion aufnimmt.

30

35

40

45

50

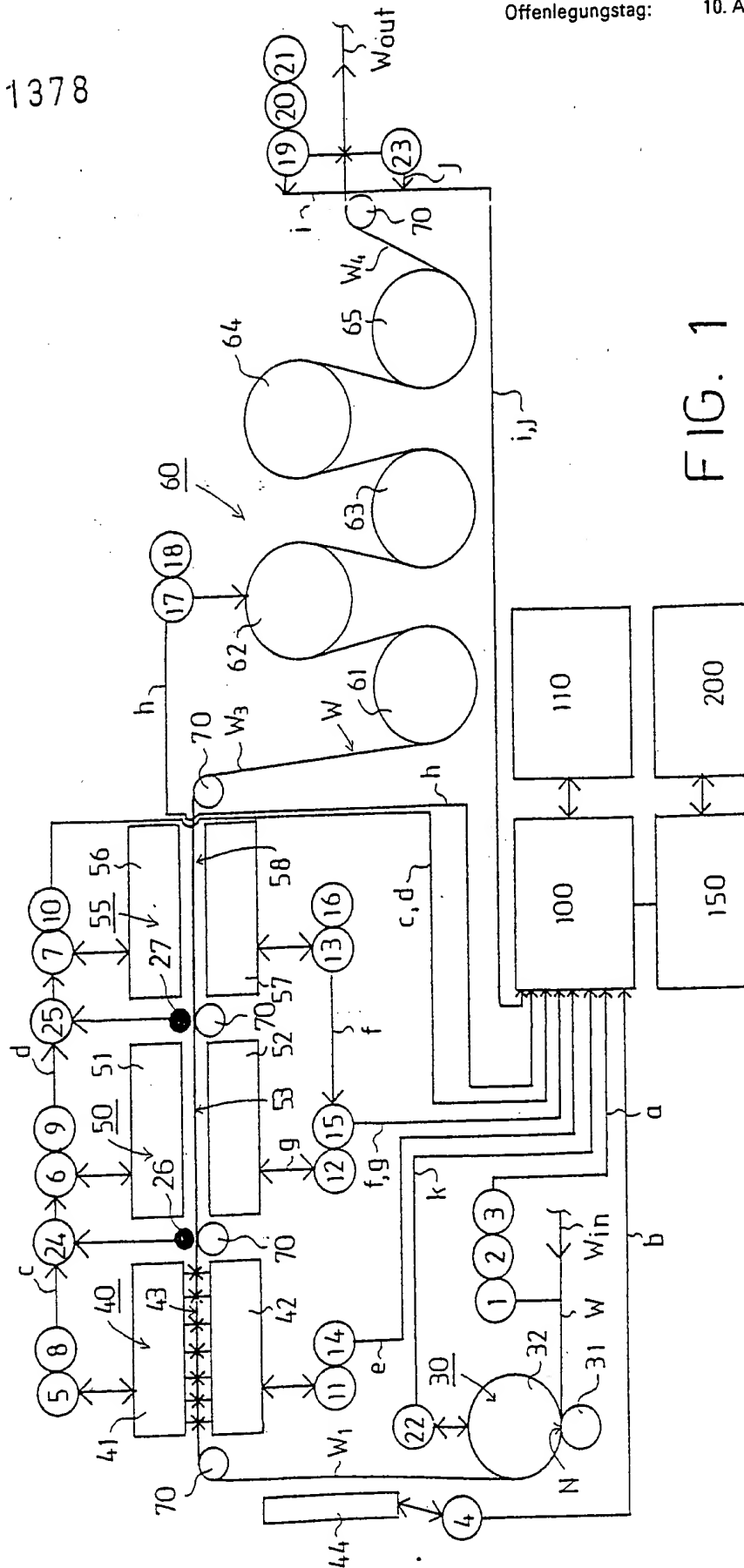
55

60

65

3901378

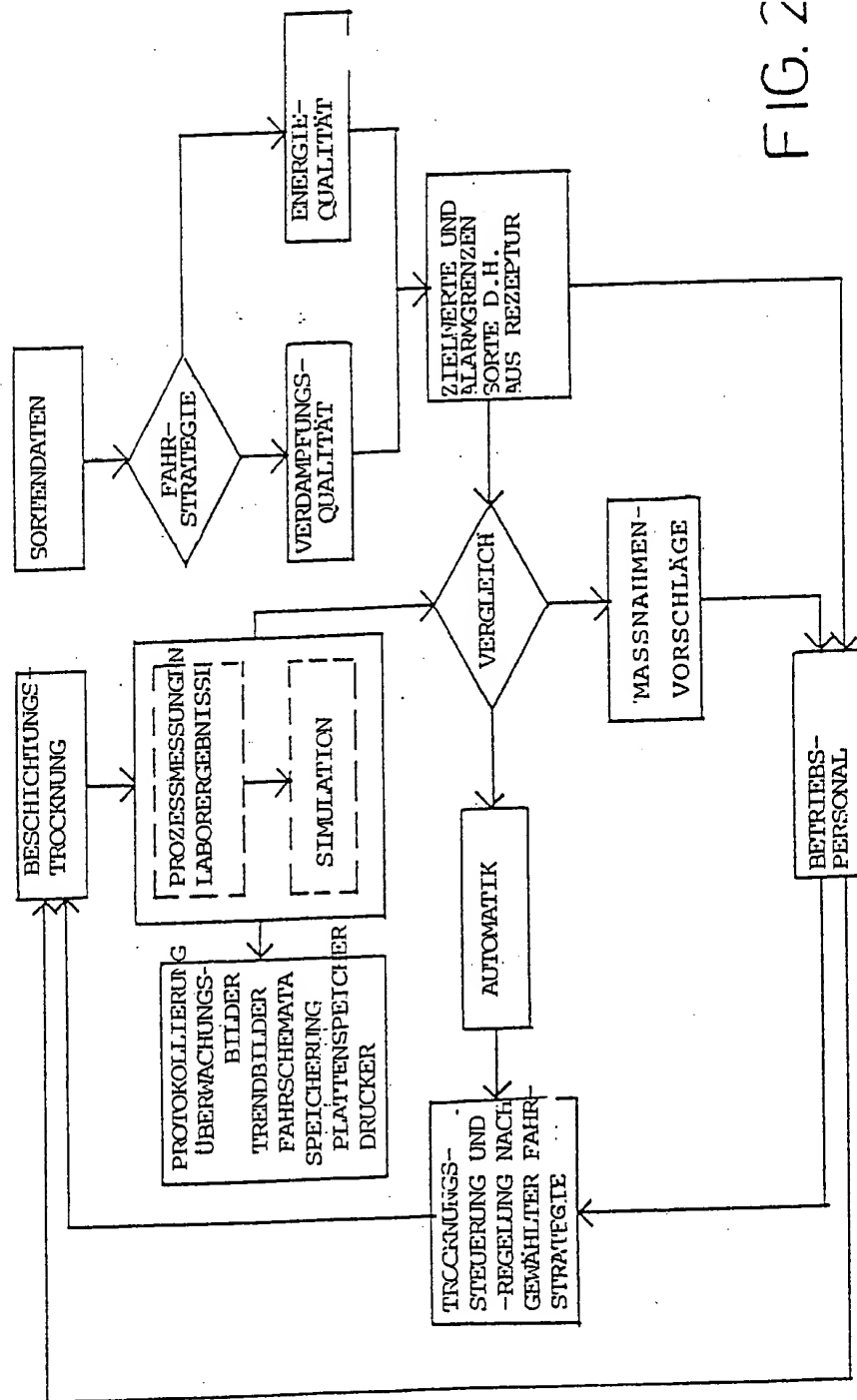
Fig.: 22: vi





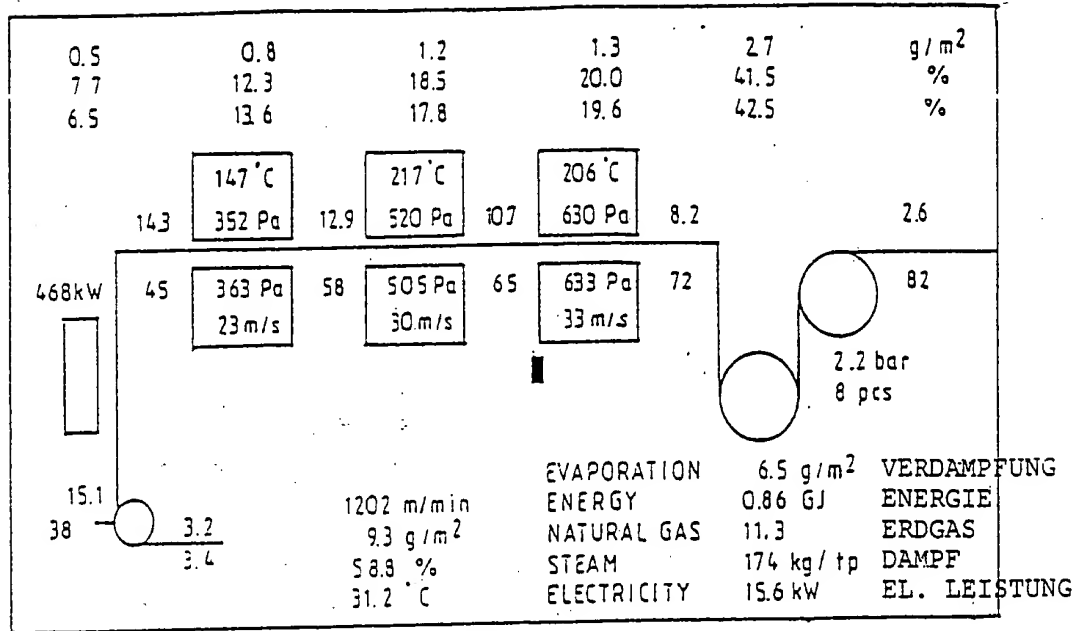
3901378

23



3901378

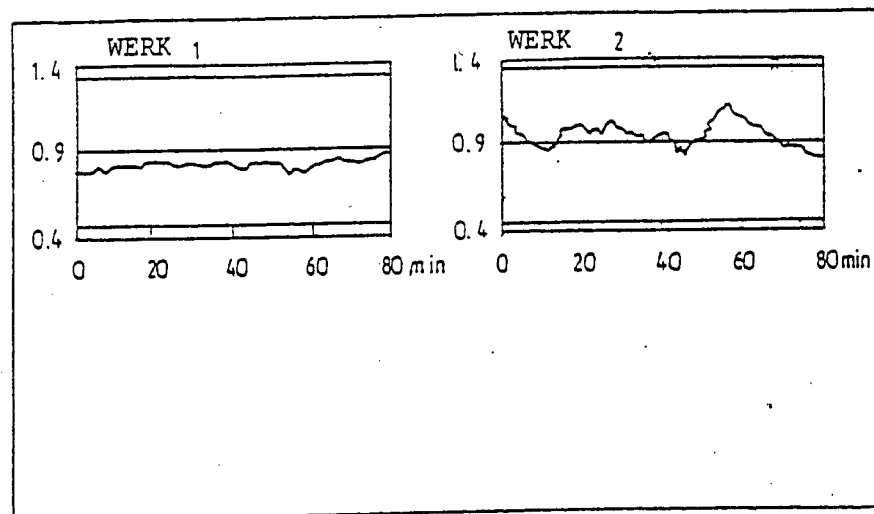
24\*

STREICHWERK 1  
COATING STATION 1

EXIT → BACK TO MENU      NEXT SCREEN → STATION 2      GRADE NR  
AUSGANG → RÜCKKEHR ZUM MENÜ      NÄCHSTES BILD WERK 2      SORTE  
■ = ERSTARRUNGSPUNKTMARKE

FIG. 3

## OFFENER PARAMETER



AUSGANG - RÜCKKEHR ZUM MENÜ      NÄCHSTES BILD - TREND 24 h      BERECHNUNG LÄUFT

FIG. 4